

从社会需求看基础科学研究关键领域

王 鑫[1] 周立华[1,2*]

1 中国科学院科技战略咨询研究院 北京 100190

2 中国科学院大学 北京 100049

摘要 科学技术是一个国家综合国力的重要体现，而基础科学则是科学技术发展的基础。只有重视基础研究，才能不断增强自主创新能力。基础研究作为知识和技术的储备，既保证为社会经济发展持续供给科技成果，又能拓展人类知识前沿并促进社会进步。当前，世界各国重视基础科学研究对于经济社会发展的实质性作用，科技创新政策和治理日益“以任务为导向”。未来基础科学发展更要关注基础科学对于社会经济发展的实际作用。文章从社会需求出发，以人为关键要素，重点阐述生命健康、社会发展与自然环境改善、变革性技术发展和提升基础科学能力的方法等4个方面的基础科学研究进展。

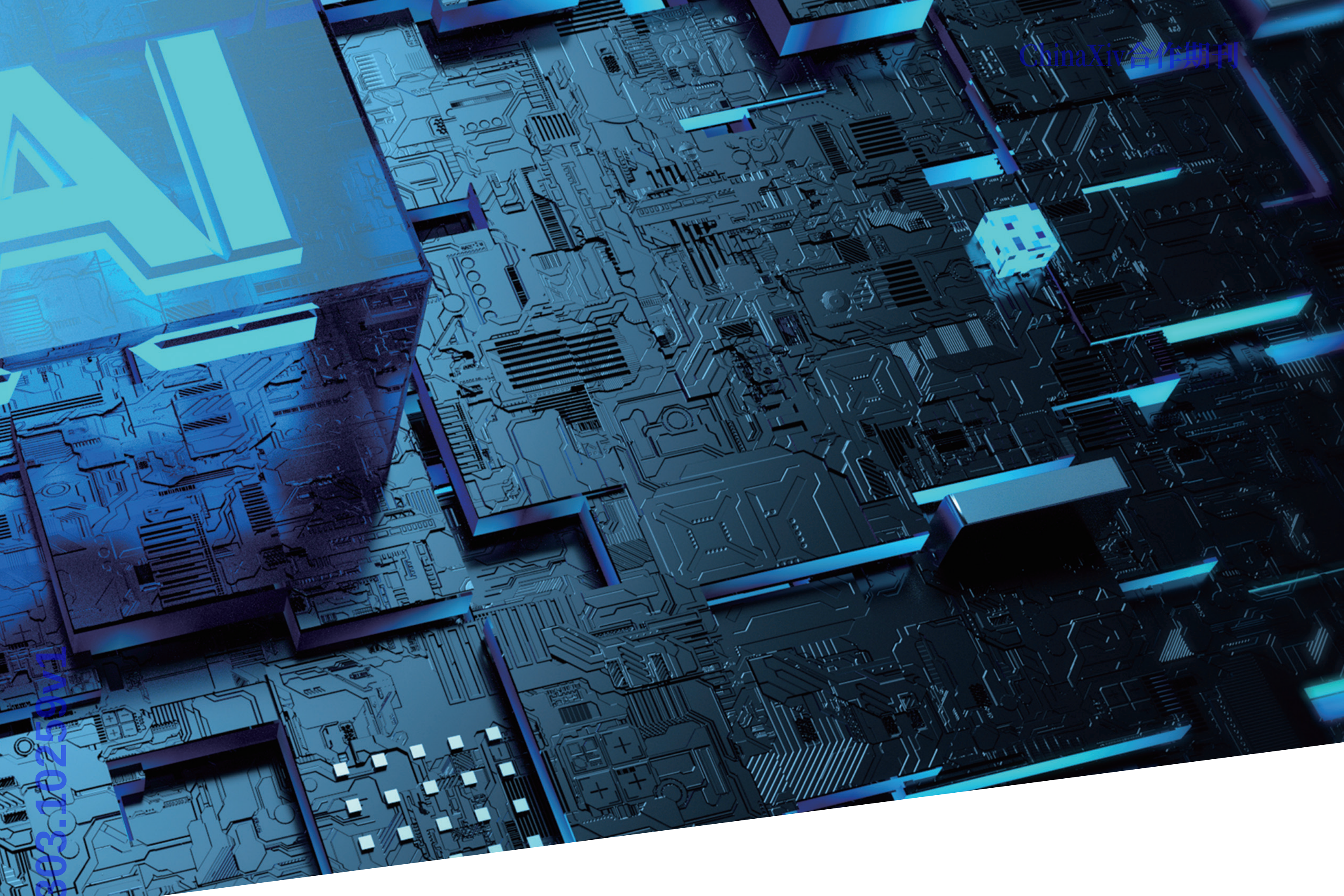
关键词 基础科学，社会需求，关键领域，交叉融合

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.2019.05.005

*通讯作者

资助项目：国家自然科学基金应急管理项目（L1824050）

修改稿收到日期：2019年5月5日



基础科学是一个国家科技水平的体现，是整个科学体系的源头，是所有技术问题的总机关。建设世界科技强国，引领世界科技发展，我国有必要也有责任加强基础科学研究：一方面，基础科学研究为我国科学技术发展提供基础；另一方面，基础科学研究活动为我国社会经济各领域培养了一批高素质人才。尽管基础科学研究的目的是为了获得新的知识或增进对现象和观察事实的理解，并不为了解决具体的应用问题或者开发具体的产品[1]，但毫无疑问，基础科学研究成果终将为人类所利用，推动人类社会进步。当前，基础科学研究需要为我国和世界面临的共同问题与挑战提供可能的解决方案。

人类自身的发展、人类所处的地球物质环境和提升人类发展水平的革命性技术发展是世界发展的重要问题。基础科学源于人类对于客观世界的好奇心，力求找寻客观规律、理解宇宙现象，因此人类孜孜不倦地探索新的前沿领域。在人类不断加深对自身及其所处地球环境认识的同时，基础科学研究成果的运用能衍生出新技术，反过来促进人类自身发展、认识并改善地球环境、提升人类探索未知前沿领域的能力，进而获取更多的知识。因此，基础科学发展与社会发展形成了一个良性的正反馈，不断地加深人类对物质世界的认识，同时提升人类社会发展水平。

当前，世界科学发展进入新时代。一方面，科学技术对社会发展的作用愈发显著：信息技术发展给人们生活带来便利，生物医学的进步提高了人的寿命和生活质量，物理学、化学和材料学的发展更是社会发展的基础。另一方面，社会发展也对科学技术有更加迫切的需求：生态保护与环境治理、重大疾病的诊治、社会复杂系统的运行、气候变化、能源与矿产资源的高效合理绿色利用等一系列问题需要基础科学

研究来提供解决方案。在此背景下，很多国家对本国的科学研究提出了新的要求。美国国会 2016 年通过《符合国家利益的科学研究》（*Scientific Research in the National Interest Act*）法案，要求美国国家科学基金会审查项目资助申请的时候必须考虑项目与国家利益的关系[2]，从美国经济竞争力、人民健康、STEM（科学、技术、工程和数学）人才培养、公众科学素养与科学参与、与产业界合作、国防和科学事业发展等方面做出了要求。该法案要求，联邦资助的项目公示内容必须专门阐述项目对上述美国国家利益的考虑。英国新成立的研究与创新署（UK Research and Innovation）的项目资助中要求项目应阐述其学术影响力和社会经济影响力[3]。而日本部署了战略性基础科学计划[4]，计划面向日本当前面对的关键科学问题，发展相关领域的基础科学，致力于来源于最新科学知识且具有创造性的创新技术，以期产生具有社会经济变革的科技创新。

需要指出的是，基础科学自由探索、厚积薄发和成果难以预测的特点，决定了很难对基础科学有明确的预期，因此不应对基础科学研究提出具体的应用要求。然而，基础科学研究提供解决重大实际问题方案的基础，因此不仅要重视纯基础研究，也应关注应用基础研究①。2017 年，日本文部科学省的一份战略报告中也指出，“基础研究……即使研究契机并不是学者的内在好奇心而是战略性、面向需求的基础研究，其中能够产生创造性和独创性的研究成果的研究也包含在基础科学中”[5]。

毋庸置疑，基础科学各领域对人类发展都具有重要意义，本文仅论述部分战略性关键方面，即人类自身生命健康、社会发展和生态环境改善、变革性技术发展和提升基础科学能力的方法等 4 个方面。

1 注重生命健康领域基础科学研究

人类发展首要的是人自身的发展，其中主要问题是人的卫生与健康。现代生命科学技术的快速发展，使得人类开始从分子层面理解生命运行过程。然而，很多重大疾病（如癌症、阿尔兹海默症等）的机制依然不明确，很多疾病疗法尚未成熟。数据表明，2017 年我国癌症发病率为 235 人/10 万人，死亡率为 144.3 人/10 万人，癌症已经成为我国面临的重大公共卫生问题[6]。世界卫生组织的数据显示，2018 年全球死于癌症的人数达到 960 万人，是世界上第二大死亡因素[7]。一些发达国家早在数十年前就提出要破解癌症发病机理，“攻克癌症”，如今已经见到了一些阶段性成果，而我国目前的癌症治疗水平还与这些国家存在一定差距。《中国心血管病报告 2016》指出，2015 年我国心血管病死亡率居首位，高于肿瘤和其他疾病。我国心血管病患病人数约 2.9 亿人，患病率仍处于持续上升阶段。2015 年，我国农村和城市心血管病分别占死因的 45.01% 和 42.61%，几乎每 5 例死亡病例中就有 2 例死于心血管系统疾病[8]。世界卫生组织数据显示，2016 年全球有 1 790 万人死于心血管疾病，占全球死亡总数的 31%，是世界第一大死亡因素[9]。

包括癌症和心血管疾病在内，与重大疾病相关的生物学与医学领域的基础研究对于国民健康有着重要的作用，是我国在基础科学领域必须重视和强化的研究方向。癌症和心血管疾病等一些重大疾病严重影响着人类的健康水平。解决这些重大疾病，需要强化基础性理论，进而从根本上明晰生物系统的运行机理，并据此确定疾病机制，这些重大成果将为生物医药产业开发新药提供重要的理论依据与指导，并催生更为安全有效的新疗法。

① 根据《弗拉斯卡蒂手册》的定义，纯基础研究是为了推进知识的发展，不考虑长期的经济利益或者社会效益，也不致力于将其成果应用于实际问题或把成果转移到负责应用的部门。定向基础研究（即应用基础研究）的目的是期望能创造广泛的知识基础，以解决已知的或预料的当前、未来或可能发生的问题。

1.1 分子尺度上对遗传物质的读写

近 30 年来，以 CRISPR（成簇规律间隔的短回文重复序列）为代表的基因编辑技术飞速发展与应用，使人类能够在一定程度上对于 DNA 进行精确编辑。科学家不断改进 CRISPR 系统，利用 CRISPR 技术实现特定基因的破坏、修复、关闭和启动，实现对癌症、肥胖症、艾滋病、乙肝以及各类遗传疾病（包括镰刀形红细胞贫血症等）的治疗。同时，CRISPR 作为一种新的使能技术，能够为诸如合成生物学等新学科发展开辟崭新的领域，可以催生并构建新的分子机器和器官，以及用于大规模遗传筛选和制造各种基因缺陷的动物模型工具，进而使研究人员能够利用这些工具在原子和分子层面上对新的理论和技术进行测试。美国国家科学基金会认为 CRISPR 作为一种使能技术，能够有效地促使科学和工程领域的重大跨越[10]，极大地促进了表观遗传学、合成生物学等生物学新兴领域的快速发展。

合成生物学是在分子水平上对生命系统的重新设计和改造[11]；合成生物学结合了其他领域的知识和工具，涉及的领域包括系统生物学、基因工程、机械工程、机电工程、信息论、物理学、纳米技术和电脑模拟等；合成生物学已经在农业、能源、制造业和医学等行业得到应用。合成生物学的发展表明生物分子适合作为存储数字化数据的载体。美国国家科学基金会于 2017 年 5 月首次发布了《针对信息处理和存储技术的半导体合成生物学》项目指南，旨在探索合成生物学与半导体技术之间的协同作用，开创两大领域的新技术突破[12]。赵国屏院士[11]指出，“合成生物学的崛起突破了生物学的传统研究范式，从‘格物致知’转变为‘建物致知’……它（合成生物学）不仅将人类对生命的认识和改造能力提升到一个全新的层次，也为解决与人类社会相关的全球性重大问题提供了重要途径”。哈佛大学教授 George Church 认为合成生物学和基因编辑技术共同将人类带入了基因组学革命时代，即染色体尺度上基因读和写的交融[13]。

1.2 勾画大脑结构图谱

神经科学是一个重要的学科领域，人工智能发展早期很多启发来源于神经科学，神经科学也从人工智能理论与模型中受益颇多。脑科学研究已成各国研究的热点领域。各国陆续开展了脑科学相关的神经科学研究项目或计划。例如：美国国立卫生研究院已提供 2.5 亿美元用于开展脑科学计划中的细胞普查网络研究[14]；“扎克伯格-陈计划”中“人类细胞图谱计划”资助项目中包含了 7 项对于大脑的研究项目[15]；美国已经实施了创新性神经技术大脑研究计划[16]；欧盟已经开展了人类脑计划[17]；日本业已发起了大脑研究计划②；澳大利亚成立了脑联盟为下属成员组织的脑研究项目提供支持③；加拿大脑计划投入了 2.4 亿加元来强化加拿大脑研究④；韩国脑计划则旨在破译大脑的功能和机制[18]。而我国于 2016 年将“脑科学与类脑研究”——中国脑计划作为重大科技项目列入国家“十三五”规划[19]，资助时间长达 15 年（2016—2030 年），以发展我国脑科学、类脑技术。2018 年，我国分别成立了北京脑科学与类脑研究中心和上海脑科学与类脑研究中心，通过建立协同创新、科学高效的运行机制，整合脑科学与类脑研究领域优势资源，推进脑科学领域高水平研究创新，产出一批“领跑型”原始创新成果，实现基础研究、应用研究、成果转化、产业化等环节的有机链接。《国务院关于全面加强基础科学研究的若干意见》（国发〔2018〕4 号）中，也将脑科学等基础前沿科学研究纳入超前部署的重大科学问题[20]。

② Brain/MINDS. [2019-03-12]. https://brainminds.jp/en/.
③ The Australian Brain Alliance. [2019-03-11]. https://www.brainalliance.org.au/about/.
④ Brain Canada Foundation. [2019-03-11]. https://braincanada.ca/.

1.3 加速健康与医疗研究

在全球人口增长和老龄化的背景下，个体健康和医疗水平的提升正越来越受到各国重视。英国政府 2017 年宣布将持续性投入 3.19 亿英镑支持生物科学研究，确保英国的国际竞争力以及应对人口增长和老龄化的全球挑战[21]。而英国癌症研究中心 2015 年提出“大挑战”计划，投入约 1 亿英镑资助癌症相关的协作研究，其目标包括：研发预防非病毒性癌症的疫苗；根除由人类疱疹病毒第四型引发的癌症；发现癌症突变的基因标签；辨识癌症是否致命和需要治疗；在细胞和分子水平绘制肿瘤图谱；开发靶向癌症“超级控制因子”原癌基因的方法；开发向体内运输生物活性大分子的方法[22]。美国前副总统拜登在 2018 年 2 月的美国科学促进会年会上呼吁科学界应该更快地加速癌症相关研究[23]。而美国国立卫生研究院（NIH）下属国家癌症研究所已启动“癌症登月计划”，总投入 18 亿美元开展癌症相关研究[24]。

在个体精准医疗领域，各国也开展了相关战略部署。德国国家科学与工程院 2017 年发布的《通过医学技术迈向个体化医疗》意见[25]。美国提出了精准医疗计划[26]，希望通过推进分子生物学、基因组学、生物信息学等研究，加速生物医学发展，从而在未来实现个人化医疗的愿景。

2 以基础科学提升人类社会发展水平和改善生态环境

2.1 多学科领域融合了解复杂系统，提升社会运行效率

世界是由不同组成部分及不同过程共同构成的复杂系统，构成世界的不同组分之间多样的、非线性的关系增加了人类理解和预测世界的难度。复杂系统包括数以百万行代码构成的软件系统、全球分布的网络基础设施、新一代分布式电网系统、全球互联的经济与金融系统、现代城市系统、全球航空网络和智能建筑等复杂系统的稳健运行是社会发展的根本保障。理解并预测复杂系统的运行规律、了解并增强这些复杂系统的稳健性正变得越来越重要。科学和工程领域的交汇融合发展为认识世界开辟了崭新视野，人类社会发展所面临的重要问题带来了诸多具有挑战性的研究课题，而数学、计算机科学、物理学、经济学、社会科学等多学科领域的融合交汇将为人类解决这些具有挑战性的问题带来新的思路和解决方法。

2.2 保护生态环境、绿色高效利用资源

人类社会的飞速发展给地球生态环境带来了巨大影响，生态环境的恶化影响人类健康水平和社会的持续发展。加强对地球系统和生态环境领域的基础性科学研究，有助于人类更好地认识和理解地球系统（包括大气系统、陆地系统和海洋系统及其之间的交互作用）和生态环境对于人类发展的重要性，以及更好地拓展能源利用方式和渠道，从而确保人类向现代、清洁和循环经济的社会稳定发展。

气候变化方面，极端天气和气候事件的相关研究应引起重视。美、欧等国家和地区已经开始关注和部署在全球气候变暖背景下北极的探索、开发和利用的相关研究。温室气体控制方面，各国始终致力于二氧化碳的利用和固定的相关研究，致力于控制温室气体排放，以及致力于研究新的化学物质以替代已有的对臭氧层造成破坏的物质。人类赖以生存的地球关键带（地表岩石-土壤-生物-水-大气相互作用的区域）相关研究对人类至关重要。通过地球科学、化学、生物学和社会科学等多学科交叉融合，充分理解关键带中各要素之间的相互关系和影响，将为人类可持续发展提供重要科学依据。

资源是人类赖以发展的基础。发展绿色能源是建设绿色、可持续社会的基础。当前能源问题已经引起了全球重视，太阳能利用技术，包括新型的太阳能电池材料和太阳能电池技术效率的提升是发展的关键。

海上可再生能源技术和新型的变革性能源技术发展也是未来能源领域发展的重大方向之一。在资源方面，亟待研究与开发多种资源的合理化利用技术和高效回收技术。这些技术的发展，离不开物理学、化学、生物学、地质学和社会科学等学科的基础研究和交叉融合研究。

3 以基础科学研究促进变革性技术发展

3.1 重视以数学为代表的基础学科发展

在人类认识和改造世界的过程中，数学作为一种精确的语言和有力的工具，在各个学科发展中均发挥着基础性的重要作用，是各门科学的重要基础，在很多领域起着关键性甚至决定性的作用。例如，杨振宁将数学中的群论思想和方法运用到物理学研究之中，进而发展了杨-米尔斯理论，对近现代物理学发展发挥了重要的作用。数学是计算机科学的重要基础，数学的思想和方法广泛运用于计算机领域，软件编程是基于数学模型的基础之上，而应用数学则是描述计算机科学理论、方法和技术的主要工具。

美国科学院2013年的研究报告系统阐述了数学学科的重要性[27]。“大数据”是以统计学为代表的数学为基础的研究领域；演化生物学发展需要图论的理论支撑；新的算法构建需要离散数学和计算机科学的基础；动力系统理论在生态学中发挥着重要作用；生物学从传统的描述性科学向定量科学演变的过程之中，数学正在发挥着巨大的作用，经典的应用数学普遍应用于计算神经生物学和系统生物学中。不仅是自然科学研究，社会科学研究也需要数学工具，特别是统计学、数据分析和数学模型分析工具。例如，疾病传播的统计模型可以解析传播方式和途径；金融和营销等商业活动越来越依赖数学工具与方法。该报告认为，数学科学正从最广泛意义上融合数学、统计学和计算科学研究，深度融入生物学、医学、社会科学、商业、先进制造、气候变化、金融、先进材料等一系列领域，数学科学是这些领域中不可或缺的一部分（图1）[27]。

3.2 数字革命引领未来技术发展

人类的发展离不开技术驱动，历史上的若干次科技革命极大地促进了人类进步。20世纪初，量子力学发展为人类理解世界带来了变革性的突破，并催生了一批足以改变世界的新技术发展，如半导体技术等。21世纪以来，随着新一轮量子科学技术的迅猛发展，人类目前正处于新一代量子革命的转折期，对量子叠加、量子纠缠、量子压缩等量子现象开展基础研究，将为量子计算机、量子传感器、量子通讯、量子模拟和其他相关的量子技术发展打下基础。量子计算是正在改变世界的计算能力的下一个前沿，作为一种有潜力的早期技术，其科学计算能力甚至可能远远超过百亿亿次计算机。实现量子计算机是一个复杂的机遇，面临着巨大的挑战。耶鲁大学超导量子计算实验室的 Devoret 和 Schoelkopf [28]认为量子计算发展需要跨越7个台阶，当前人类正处于第3到第4台阶的跨越之中，即量子纠错和逻辑量子比特。而未来量子计算的跨越将愈发困难，在可预见的未来，量子计算的发展将长期是一种基础研究。量子计算将进一步催生新的颠覆性技术，其强大的计算能力将带动人工智能、大数据等数字领域或技术的发展，也必将深刻地改变科学与社会的发展。基础科学研究催生的数字革命，将改变人类的未来。

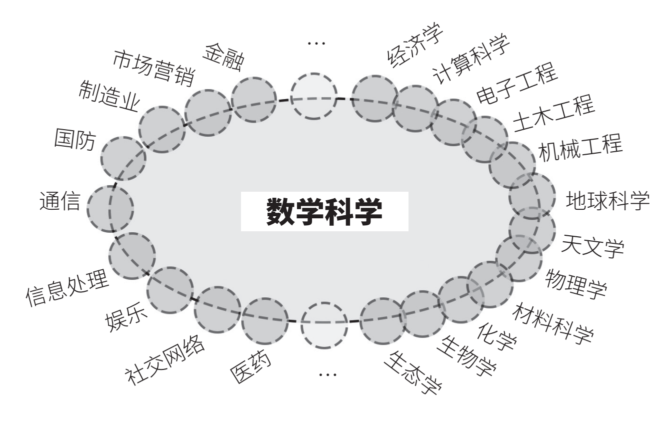


图1 数学科学与其他领域和学科的交叉融合[27]

世界各国均部署了相关计划推动量子技术的发展。英国已部署相关计划来推动量子技术的应用研究⑤。日本文部科学省基础前沿研究会下属的量子科技委员会提出日本未来在量子科学技术领域应该重点发展的方向[29]，将量子科学技术视为日本“社会 5.0”计划的关键技术和未来新的产业发展的源头。欧盟在“地平线 2020”计划中部署了三大旗舰计划，其中之一为量子技术旗舰计划[30]。该计划中期报告认为计划应围绕量子通信、量子计算、量子模拟和量子传感/计量 4 个任务驱动型的研究和创新领域开展，并应将基础科学作为共同的基础[31]。因担忧美国在未来全球量子研发竞争中落后于中国、欧洲和加拿大等国家和地区[32]，2018 年 12 月美国政府颁布《国家量子计划法案》，提供协调一致的联邦计划，旨在加速美国量子科学研究与发展，促进美国经济与国家安全[33]。该法案中明确了美国国家标准与技术研究院、美国国家科学基金会和美国能源部在量子科学研发领域的主要任务。美国陆军研究办公室资助了量子计算技术相关研究，包括新兴量子科学技术和交叉量子技术系统两大方向[34]。美国能源部已开始研讨建立量子测试平台推动量子计算发展[35]。

4 以多学科、跨领域交叉融合提升基础科学能力

从科学发展历史可以看到，学科交叉促进了科学发展。例如，安托万-洛朗 · 德 · 拉瓦锡、安塞姆 · 佩恩、尤斯图斯 · 冯 · 李比希和爱德华 · 毕希纳等化学家运用化学研究方法和手段研究生物体内化学过程的基本规律，开创了生物化学学科。生物信息学的发展也是一个计算科学、统计学、数学、工程学和生物学交叉融合的过程，生物信息学已经是生物学研究的一个重要组成部分。多学科交叉融合将是未来基础科学发展的必然趋势。

未来基础科学研究发展，不仅仅是学科交叉，更需要的是多学科交叉融合，即通过运用多个学科的方法和研究手段共同解决人类面临的复杂问题。美国国家科学院 2014 年的一份研究报告中[36]，将这种运用多学科方法和研究手段来研究复杂问题并提供解决方案的研究方式，称为“会聚（convergence）”。“会聚”的思想融合了多个学科（如生命与健康科学、物理学、数学、计算科学、工程学等）的知识、手段和思维方式，更为重要的是在这些学科领域的基础上形成一个综合系统的框架来解决科学问题以及社会面临的挑战。因此，未来基础科学需要自然科学各领域的“会聚”，更广泛地拓展人类知识前沿，开发新兴技术；基础科学研究还需要自然科学和社会科学的“会聚”，从而将更好地为人类社会发展服务。以问题为导向的多学科领域“会聚”应是未来基础科学发展的必然之路。

参考文献

1 经济合作与发展组织. 弗拉斯卡蒂手册. 张玉勤, 译. 北京: 科学技术文献出版社, 2010.
2 114th Congress. Scientific Research in the National Interest Act. [2019-03-12]. https://www.congress.gov/bill/114th-congress/house-bill/3293/text.
3 UK Research and Innovation. Excellence with Impact. [2019-03-12]. https://www.ukri.org/innovation/excellence-with-impact/.
4 Japan Science and Technology Agency. Strategic Basic Research Programs 2018-2019. [2019-03-12]. https://www.jst.go.jp/kisoken/en/brochure/jigyo_en_pamph.pdf.
5 日本文部科学省. 基础科学力强化. [2018-11-28]. http://www.mext.go.jp/a_menu/kagaku/kihon/1283196.htm.
6 李克强. 集中优势力量攻关疑难高发癌症. [2019-02-28].

⑤ UK National Quantum Technologies Programme. [2019-03-11]. http://uknqt.epsrc.ac.uk/.

http://www.gov.cn/xinwen/2017-10/10/content_5230864.htm.

7 World Health Organization. Cancer. [2019-03-15]. https://www.who.int/cancer/en/.

8 刘映. 心脑血管疾病仍是我国居民首要死因. [2017-08-17]. http://www.xinhuanet.com/health/2017-08/17/c_1121495954.htm..

9 World Health Organization. Cardiovascular diseases (CVDs). [2019-03-12]. https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds).

10 National Science Foundation. Building the Future: Investing in Discovery and Innovation - NSF Strategic Plan for Fiscal Years (FY) 2018-2022. [2018-02-24]. https://www.nsf.gov/publications/pub_summ.jsp?ods_key=nsf18045.

11 赵国屏. 合成生物学：开启生命科学“会聚”研究新时代. 中国科学院院刊, 2018, 33(11): 1135-1149

12 National Science Foundation. Semiconductor Synthetic Biology for Information Processing and Storage Technologies (SemiSynBio). [2019-03-12]. https://www.nsf.gov/pubs/2017/nsf17557/nsf17557.pdf.

13 Azvolinsky A. Five More Synthetic Yeast Chromosomes Completed. [2018-02-28]. https://www.the-scientist.com/daily-news/five-more-synthetic-yeast-chromosomes-completed-31870.

14 National Institutes of Health. NIH BRAIN Initiative launches cell census. [2018-02-28]. https://www.nih.gov/news-events/news-releases/nih-brain-initiative-launches-cell-census.

15 Chan Zuckerberg Initiative. Human Cell Atlas. [2018-02-28]. https://chanzuckerberg.com/science/programs-resources/humancellatlas/.

16 BRAIN Initiative. About The BRAIN Initiative. [2018-02-28]. https://www.braininitiative.org/.

17 European Union. Human Brain Project. [2018-02-28]. https://www.humanbrainproject.eu/en/.

18 Jeong S J, Lee I Y, Jun B O, et al. Korea Brain Initiative: Emerging issues and institutionalization of neuroethics. Neuron, 2019, 101(3):390-393.

19 中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要. [2019-03-11]. http://www.xinhuanet.com//politics/2016lh/2016-03/17/c_1118366322.htm.

20 国务院. 国务院关于全面加强基础科学研究的若干意见. [2018-03-13]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2018-01/31/content_5262539.htm.

21 The Biotechnology and Biological Sciences Research Council. UK’s bioeconomy benefits from £319 million BBSRC investment. [2019-03-11]. https://bbsrc.ukri.org/news/policy/2017/170411-pr-uk-bioeconomy-benefits-from-319m-bbsrc-investment/.

22 Cancer Research UK. Grand Challenge. [2019-03-11]. https://www.cancerresearchuk.org/funding-for-researchers/how-we-deliver-research/grand-challenge-award.

23 Ferber D. Biden blasts science denialists, calls to dramatically speed up fight against cancer. [2018-02-28]. https://www.sciencemag.org/news/2018/02/biden-blasts-science-denialists-calls-dramatically-speed-fight-against-cancer.

24 National Cancer Institute. Cancer Moonshot. [2018-02-28]. https://www.cancer.gov/research/key-initiatives/moonshot-cancer-initiative.

25 Acatech. Towards Individualised Medicine through Medical Technology. [2019-03-11]. https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech_Kurzfassung_engl_POSITION_Indiv-Medizintechnik.pdf.

26 Collins F S, Varmus H. A new initiative on precision medicine. New England Journal of Medicine, 2015, 372(9):793-795.

27 National Research Council. The Mathematical Sciences in 2025. Washington, DC: The National Academies Press, 2013.

28 Devoret M H, Schoelkopf R J. Superconducting circuits for quantum information: An outlook. Science, 2013, 339(6124):1169-1174.

29 日本文部科学省. 量子科学技術の新たな推進方策について. [2018-02-28]. http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu17/010/houkoku/1382234.htm.

30 European Union – Quantum Flagship. The Future is Quantum. [2018-02-28]. https://qt.eu/.

31 European Commission. Intermediate Report from the Quantum Flagship High-Level expert group. [2018-02-28]. https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/intermediate-report-quantum-flagship-high-level-expert-group.

32 House Science, Space and Technology Committee. American Leadership in Quantum Technology. [2018-02-28]. https://science.house.gov/legislation/hearings/american-leadership-quantum-technology.

33 115th Congress. National Quantum Initiative Act. [2019-02-26]. https://www.congress.gov/bill/115th-congress/house-bill/6227.

34 Stanford University. Quantum computing research in new and emerging qubits & cross-quantum systems science & technology. [2019-03-11]. https://doresearch.stanford.edu/funding/opportunity/quantum-computing-research-new-and-emerging-qubits-cross-quantum-systems-science-technology.

35 U.S. Department of Energy. ASCR Report on Quantum Computing Testbed for Science Descriptive. [2019-03-11]. https://science.energy.gov/~/media/ascr/pdf/programdocuments/docs/2017/QTSWReport.pdf.

36 National Research Council. Convergence: Facilitating Transdisciplinary Integration of Life Sciences, Physical Sciences, Engineering, and Beyond. Washington, DC: The National Academies Press, 2014.

Key Basic Research Areas in Perspective of Future Social Needs

WANG Xin[1] ZHOU Lihua[1,2*]

（1 Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;

2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China）

Abstract Science and technology are fundamental elements of a nation's power, while basic science is the fundamental base of science and technology development. Only by emphasizing on basic science research could China always improve the capacity of independent innovation. Basic science research, as the original source of knowledge and technology, promotes social and economic development and meanwhile extends the human knowledge frontier. Today, many countries' policies focus on the substantial promoting effects of basic science research on social and economic development. Basic science research should not only explore the new frontier but also meet the needs of social development. This paper focuses on social needs and elaborates basic science research development in life and health, social development, Earth environment improvement, and transformative technology.

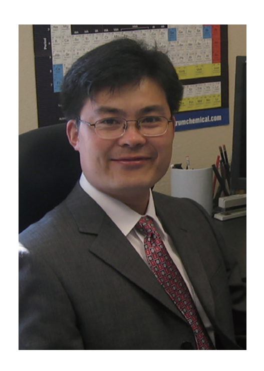
Keywords basic science, social needs, key basic research areas, convergence

*Corresponding author



王 鑫 中国科学院科技战略咨询研究院助理研究员。主要从事科技政策与科技发展战略研究，重点关注基础科学研究发展及其相关趋势。主持国家自然科学基金项目和中国科学院重点部署项目，参与中国科学院院士咨询项目和国家高端智库试点项目等若干项目研究。E-mail: wangxin@casipm.ac.cn

WANG Xin Ph.D., Assistant Professor of the Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences (CAS). His research area covers scientific policies, scientific development strategy, basic science research development and trends. Ongoing projects include the ones sponsored by National Natural Science Foundation of China and Key Project of CAS. Participated projects are the Academician Consulting Projects of CAS and the Pilot Project of China Top Think Tanks. E-mail: wangxin@casipm.ac.cn



周立华 中国科学院科技战略咨询研究院研究员，博士生导师。中国科学院“百人计划”入选者。主要从事生态经济与可持续发展、环境管理与环境政策领域的研究。先后主持完成国家科技支撑计划项目、国家自然科学基金项目、国家社会科学基金项目等国家项目多项，已发表论文100余篇。E-mail: lhzhou@casisd.cn

ZHOU Lihua Research Professor and Ph.D. Supervisor of the Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences (CAS). He is one of the selected candidates of “Hundred Talents Program of Chinese Academy of Sciences”. His research interest relates to ecological economic assessment of the environmental policy and sustainable development. He has presided several national-level research projects including “The National Key Technology R&D Program of China”, “National Natural Science Foundation of China”, and “National Social Science Foundation of China”. He has published over 100 papers. E-mail: lhzhou@casisd.cn

■责任编辑：岳凌生

参考文献（双语版）

1 经济合作与发展组织. 弗拉斯卡蒂手册: 研究与试验发展调查实施标准. 张玉勤, 译. 北京: 科学技术文献出版社, 2010.

Organization for Economic Co-operation and Development. Frascati Manual: Proposed Standard Practice for Surveys on Research and Experimental Development. Translated by Zhang Y Q. Beijing: Scientific and Technical Documentation Press, 2010. (in Chinese)

2 114th Congress. Scientific Research in the National Interest Act. [2019-03-12]. https://www.congress.gov/bill/114th-congress/house-bill/3293/text.

3 UK Research and Innovation. Excellence with Impact. [2019-03-12]. https://www.ukri.org/innovation/excellence-with-impact/.

4 Japan Science and Technology Agency. Strategic Basic Research Programs 2018-2019. [2019-03-12]. https://www.jst.go.jp/kisoken/en/brochure/jigyo_en_pamph.pdf.

5 日本文部科学省. 基础科学力强化. [2018-11-28]. http://www.mext.go.jp/a_menu/kagaku/kihon/1283196.htm.

Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, Japan. Strengthening of basic science. [2018-11-28]. http://www.mext.go.jp/a_menu/kagaku/kihon/1283196.htm. (in Japanese)

6 李克强. 集中优势力量攻关疑难高发癌症. [2019-02-28]. http://www.gov.cn/xinwen/2017-10/10/content_5230864.htm.

Li K Q. Concentrate superior forces to tackle difficult and high-incidence cancers. [2019-02-28]. http://www.gov.cn/xinwen/2017-10/10/content_5230864.htm. (in Chinese)

7 World Health Organization. Cancer. [2019-03-15]. https://www.who.int/cancer/en/.

8 刘映. 心脑血管疾病仍是我国居民首要死因. [2017-08-17]. http://www.xinhuanet.com/health/2017-08/17/c_1121495954.htm.

Liu Y. Cardiovascular and cerebrovascular diseases are still the leading cause of death in China. [2017-08-17]. http://www.xinhuanet.com/health/2017-08/17/c_1121495954.htm. (in Chinese)

9 World Health Organization. Cardiovascular diseases (CVDs). [2019-03-12]. https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds).

10 National Science Foundation. Building the Future: Investing in Discovery and Innovation—NSF Strategic Plan for Fiscal Years (FY) 2018-2022. [2018-02-24]. https://www.nsf.gov/publications/pub_summ.jsp?ods_key=nsf18045.

11 赵国屏. 合成生物学：开启生命科学“会聚”研究新时代. 中国科学院院刊, 2018, 33(11): 1135-1149.

Zhao G P. Synthetic biology: Unsealing the convergence era of life science research. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2018, 33(11): 1135-1149. (in Chinese)

12 National Science Foundation. Semiconductor Synthetic Biology for Information Processing and Storage Technologies (SemiSynBio). [2019-03-12]. https://www.nsf.gov/pubs/2017/nsf17557/nsf17557.pdf.

13 Azvolinsky A. Five More Synthetic Yeast Chromosomes Completed. [2018-02-28]. https://www.the-scientist.com/daily-news/five-more-synthetic-yeast-chromosomes-completed-31870.

14 National Institutes of Health. NIH BRAIN Initiative launches cell census. [2018-02-28]. https://www.nih.gov/news-events/news-releases/nih-brain-initiative-launches-cell-census.

15 Chan Zuckerberg Initiative. Human Cell Atlas. [2018-02-28]. https://chanzuckerberg.com/science/programs-resources/humancellatlas/.

16 BRAIN Initiative. About the BRAIN Initiative. [2018-02-28]. https://www.braininitiative.org/.

17 European Union. Human Brain Project. [2018-02-28]. https://

www.humanbrainproject.eu/en/.

18 Jeong S J, Lee I Y, Jun B O, et al. Korea Brain Initiative: Emerging issues and institutionalization of neuroethics. Neuron, 2019, 101(3):390-393.

19 中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要. [2019-03-11]. http://www.xinhuanet.com//politics/2016lh/2016-03/17/c_1118366322.htm.
The 13th Five-Year Plan for Economic and Social Development of the People's Republic of China. [2019-03-11]. http://www.xinhuanet.com//politics/2016lh/2016-03/17/c_1118366322.htm. (in Chinese)

20 国务院. 国务院关于全面加强基础科学研究的若干意见. [2018-03-13]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2018-01/31/content_5262539.htm.
The State Council of the People's Republic of China. Several opinions of the State Council on comprehensively strengthening basic scientific research. [2018-03-13]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2018-01/31/content_5262539.htm. (in Chinese)

21 The Biotechnology and Biological Sciences Research Council. UK's bioeconomy benefits from ￡319 million BBSRC investment. [2019-03-11]. https://bbsrc.ukri.org/news/policy/2017/170411-pr-uk-bioeconomy-benefits-from-319m-bbsrc-investment/.

22 Cancer Research UK. Grand Challenge. [2019-03-11]. https://www.cancerresearchuk.org/funding-for-researchers/how-we-deliver-research/grand-challenge-award.

23 Ferber D. Biden blasts science denialists, calls to dramatically speed up fight against cancer. [2018-02-28]. https://www.sciencemag.org/news/2018/02/biden-blasts-science-denialists-calls-dramatically-speed-fight-against-cancer.

24 National Cancer Institute. Cancer Moonshot. [2018-02-28]. https://www.cancer.gov/research/key-initiatives/moonshot-cancer-initiative.

25 Acatech. Towards Individualised Medicine through Medical Technology. [2019-03-11]. https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech_Kurzfassung_engl_POSITION_Indiv-Medizintechnik.pdf.

26 Collins F S, Varmus H. A new initiative on precision medicine. The New England Journal of Medicine, 2015, 372(9):793-795.

27 National Research Council. The Mathematical Sciences in 2025. Washington, DC: The National Academies Press, 2013.

28 Devoret M H, Schoelkopf R J. Superconducting circuits for quantum information: An outlook. Science, 2013, 339(6124): 1169-1174.

29 日本文部科学省. 量子科学技術の新たな推進方策について. [2018-02-28]. http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu17/010/houkoku/1382234.htm.
Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, Japan. New promotion measures of quantum science and technology. [2018-02-28]. http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu17/010/houkoku/1382234.htm. (in Japanese)

30 European Union—Quantum Flagship. The Future is Quantum. [2018-02-28]. https://qt.eu/.

31 European Commission. Intermediate Report from the Quantum Flagship High-Level expert group. [2018-02-28]. https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/intermediate-report-quantum-flagship-high-level-expert-group.

32 House Science, Space and Technology Committee. American Leadership in Quantum Technology. [2018-02-28]. https://science.house.gov/legislation/hearings/american-leadership-quantum-technology.

33 115th Congress. National Quantum Initiative Act. [2019-02-26]. https://www.congress.gov/bill/115th-congress/house-bill/6227.

34 Stanford University. Quantum computing research in new and emerging qubits & cross-quantum systems science &

technology. [2019-03-11]. https://doresearch.stanford.edu/funding/opportunity/quantum-computing-research-new-and-emerging-qubits-cross-quantum-systems-science-technology.

35 U.S. Department of Energy. ASCR Report on Quantum Computing Testbed for Science Descriptive. [2019-03-11]. https://science.energy.gov/~/media/ascr/pdf/programdocuments/docs/2017/QTSWReport.pdf.

36 National Research Council. Convergence: Facilitating Transdisciplinary Integration of Life Sciences, Physical Sciences, Engineering, and Beyond. Washington D.C,: The National Academies Press, 2014.